TB6588FG 使用上の注意点

TB6588FG は 3 相 BLDC モータ用 PWM 方式センサレスドライバです。
センサレス制御はモータ誘起電圧と $V_M/2$ を比較し位置検出して転流信号を作っています。

1. 絶対最大定格

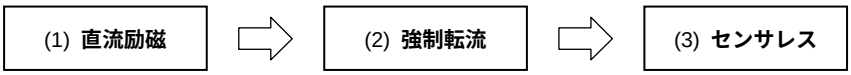
項目	記号	定格	単位
絶対最大電源電圧	V_M	50	V
動作範囲電源電圧	V_M	7~42	V
絶対最大出力電流 (ピーク)	I_{OUT}	2.5	A
絶対最大入力電圧	V_{IN1} (注 1)	−0.3~V_{REF} + 0.3	V
	V_{IN1} (注 2)	−0.3~30	V

注 1: FPWM, FMAX, VSP, CW_CCW, LA1, LA2, OC, SEL_LAP, FST1, FST2, EN

注 2: WAVEP, WAVEM

2. 始動設定

起動時は、モータが回転していないため誘起電圧が発生せず、センサレスモードの位置検知ができません。
このため、TB6588FG では一定時間、直流励磁でモータのロータ位置を固定後、強制転流モードでモータを始動させて位置検出しセンサレスモードに移行します。
モータに印加される出力電圧 (PWM ON デューティ) は V_{SP} 端子の入力電圧で設定します。
直流励磁期間は外付けコンデンサや抵抗で設定します。
強制転流周波数は FST1, FST2 入力端子で設定します。
出力電圧、直流励磁、強制転流の設定はモータおよび負荷により変わりますので実験による合わせ込みが必要となります。



参考 1

最初に手動でモータのロータを停止させて (2) 強制転流の設定をしてセンサレスモードに移行するように設定してからどの位置からもモータのロータが停止するように (1) 直流励磁の設定する手順で始動設定を合わせやすくなります。

参考 2

(3) センサレスで通常回転している場合以外の起動時や異常状態時は FG_OUT 端子の出力は切り替わらずに L の状態です。
従って、センサレスに起動できていない場合の (1) 直流励磁、(2) 強制転流時は FG_OUT 端子 = L になりますので、一定時間達しても FG_OUT 端子が切り替わらない場合は再起動を試みるようにマイコン等で設定することを推奨します。

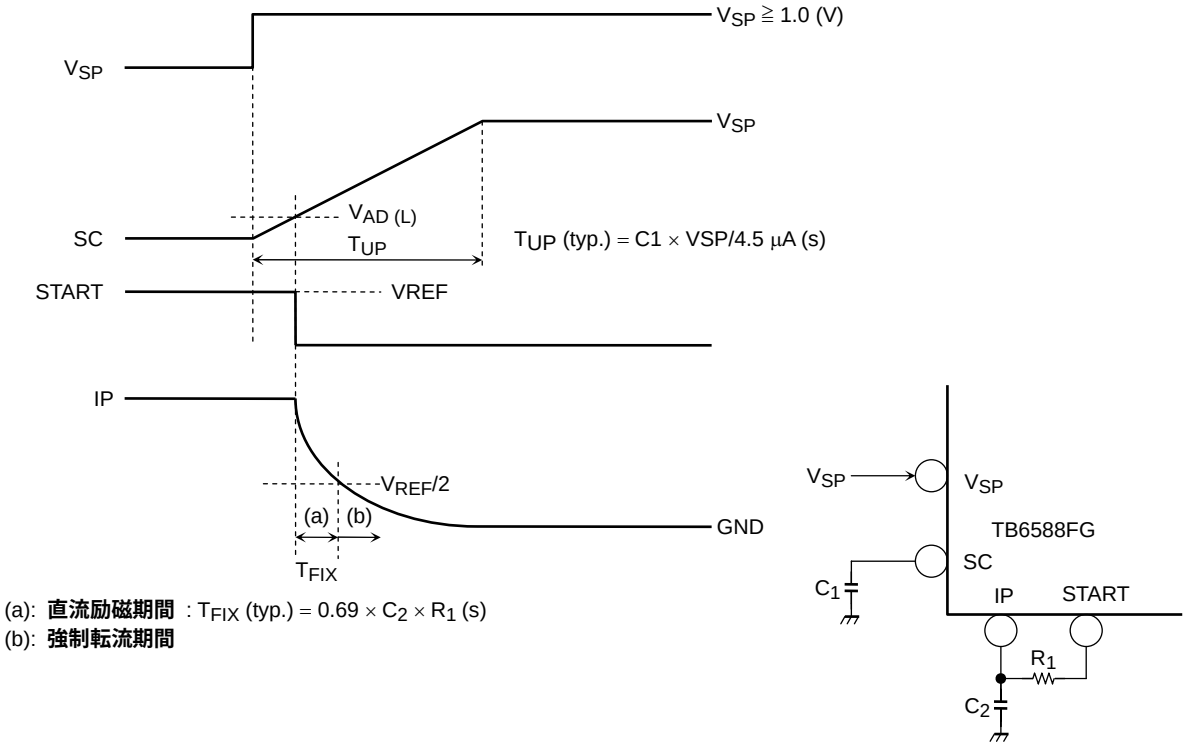
(1) 直流励磁の設定

直流励磁時にモータのどのロータ位置からも停止するようにモータに印加される出力電圧 (PWM ON デューティ) と直流励磁時間を調整してください。

モータに印加される出力電圧 (PWM ON デューティ) は V_{SP} 端子のアナログ入力電圧を調整してください。

直流励磁時間は R1, C2 を調整してください。

また、直流励磁時のモータの振動は C1 によって、SC 端子電圧を徐々に変化させて、モータに印加される出力電圧 (PWM ON デューティ) を徐々に変化させることで緩和させられます。



(a): **直流励磁期間** : T_{FIX} (typ.) = 0.69 × C_2 × R_1 (s)

(b): **強制転流期間**

C2, R1 で決定される時定数で、IP 端子電圧が V_{REF} から $V_{REF}/2$ になる (a) の期間、直流励磁で位置決めを行います。その後、(b) の強制転流モードに切り替わります。直流励磁と強制転流時の ON デューティは SC 端子電圧に応じたデューティで出力を駆動します。モータの回転数が FST で設定される強制転流周波数を超えるとセンサレスモードに切り替わります。センサレスモードの ON デューティは VSP 値で決定されます。

注: **直流励磁時間は V_M 電源を入力してから、直流励磁を決定するコンデンサへ充電するだけの時間が必要です。従って、直流励磁時間の約 4 倍程度の時間が経過してから V_{SP} に入力して起動させてください。**

(2) 強制転流の設定

強制転流時でモータを強制的に転流させてセンサレスモードに移行させるためにモータに印加される出力電圧 (PWM ON デューティ) と強制転流周波数を調整してください。
モータに印加される出力電圧 (PWM ON デューティ) は VSP 端子のアナログ入力電圧を調整してください。
強制転流周波数は FST1 端子と FST2 端子の論理によって調整してください。

- 強制転流周波数選択入力端子の設定
  FST2 : FST1 = High : High = 強制転流周波数 $f_{ST} \approx fosc/(6 \times 2\text{^}16)$
  FST2 : FST1 = High : Low, Open = 強制転流周波数 $f_{ST} \approx fosc/(6 \times 2\text{^}17)$
  FST2 : FST1 = Low, Open : High = 強制転流周波数 $f_{ST} \approx fosc/(6 \times 2\text{^}18)$
  FST2 : FST1 = Low, Open : Low, Open = 強制転流周波数 $f_{ST} \approx fosc/(6 \times 2\text{^}19)$

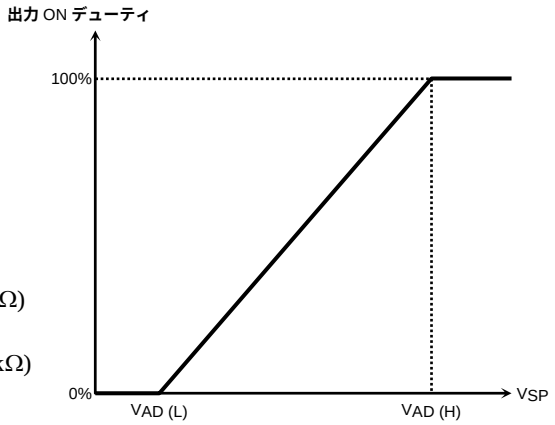
  強制転流周波数は内部周波数 fosc と FST1 端子と FST2 端子の論理によって決定されます。
  モータおよび負荷により、最適な周波数は変わりますので実験による合わせ込みが必要となります。
  モータの磁石極数の多いほど、強制転流周波数を高くします。
  負荷の慣性が大きいほど、強制転流周波数を低くします。

- 速度制御 V_{SP} 端子

  V_{SP} 端子に入力されるアナログ電圧を 7 ビット AD コンバータで変換し、PWM のデューティを制御します。(実際の IC 動作は SC 端子の印加電圧により決定されます。SC 端子電圧は、コンデンサ C1 の充電電圧となり、C1 へのチャージ、ディスチャージ時間で決定されるため、駆動出力に動作遅延を発生します。)

  $0 \leqq V_{DUTY} \leqq V_{AD\ (L)}$
  → Duty = 0%
  $V_{AD\ (L)} \leqq V_{DUTY} \leqq V_{AD\ (H)}$
  → 右図 (1/128~127/128)
  $V_{AD\ (H)} \leqq V_{DUTY} \leqq VREF$
  → Duty = 100% (127/128)

  $V_{AD\ (L)}$ = 1.2 V (typ.)
  (FPWM = L, OSC_C = 100pF, OSC_R = 20 kΩ)
  $V_{AD\ (H)}$ = 4.1 V (typ.)
  (FPWM = L, OSC_C = 100 pF, OSC_R = 20 kΩ)



注: **強制転流によるモータの誘起電圧が** WAVEM **端子電圧** (V_M/2) **を超えるように** VSP **端子のアナログ入力電圧を調整して** PWM ON **デューティの幅を広くしてください。**PWM ON **デューティの幅が狭いとモータ負荷や外付け等によってフィルタされて、モータ誘起電圧を検知可能な** WAVEM **端子電圧** (V_M/2) **を超えないためセンサレスモードに移行できません。**

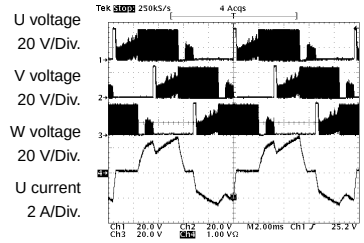
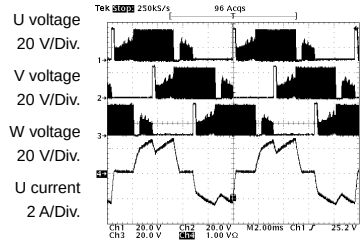
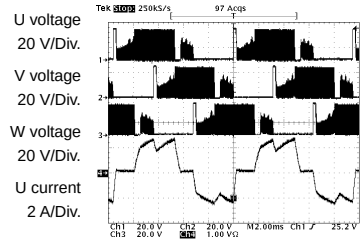
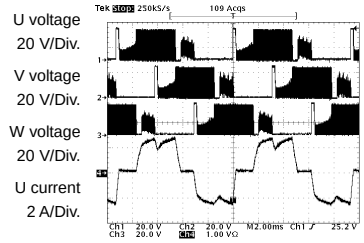
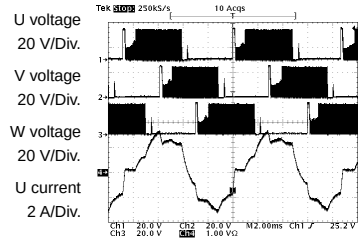
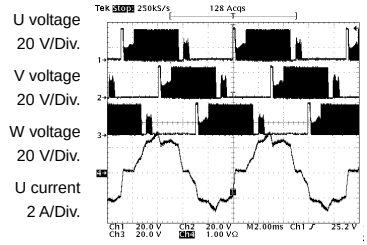
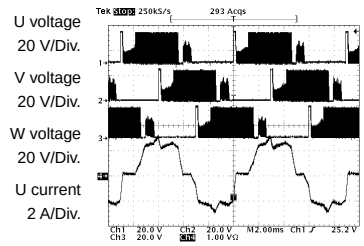
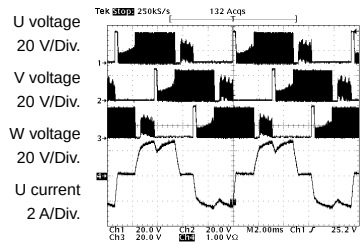
(3) センサレスの設定

センサレス移行後、モータに適した効率や静音に設定するために LA1, LA2 端子による進み角設定や SEL_LAP 端子によるラップ通電角を調整して決定してください。

- 進み角設定信号入力端子の設定
  LA2: LA1 ≈ High,Open : High, Open ≈ 進み角 30 度
  LA2: LA1 ≈ High,Open : Low ≈ 進み角 15 度
  LA2: LA1 ≈ Low : High,Open ≈ 進み角 7.5 度
  LA2: LA1 ≈ Low : Low ≈ 進み角 0 度

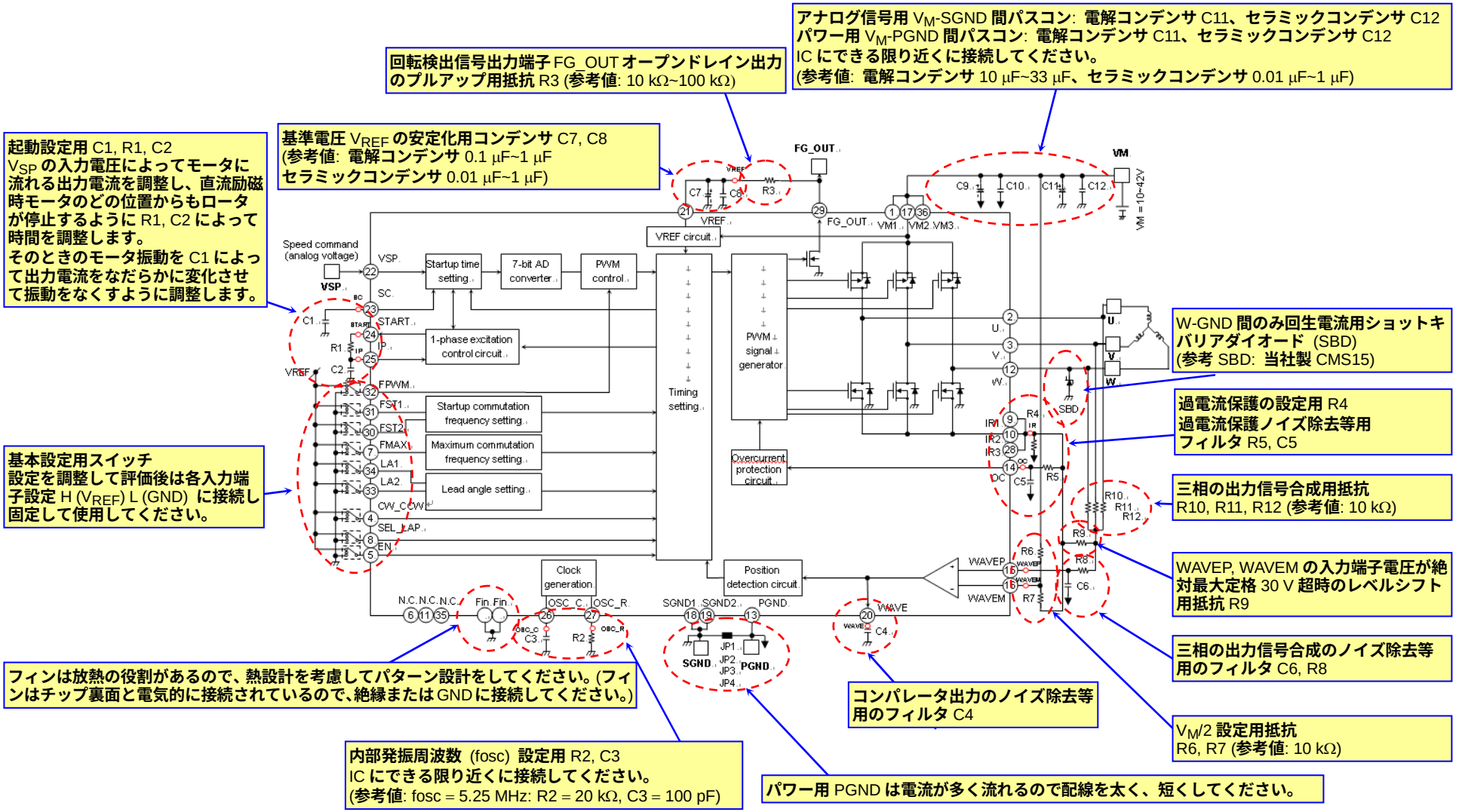
- ラップ通電選択端子の設定
  SEL_LAP = High, Open = 120 度通電
  SEL_LAP = Low = ラップ通電

各設定時のモータ動作駆動波形 (参考データ) V_M = 24 V, V_{SP} = 3.0 V

LA2: LA1 = L: L =**進み角** 0 **度** SEL_LAP = H = 120 **度通電**	LA2: LA1 = L: H =**進み角** 7.5 **度** SEL_LAP = H = 120 **度通電**
	
LA2 LA1 = H:L =**進み角** 15 **度** SEL_LAP = H = 120 **度通電**	LA2:LA1 = H:H =**進み角** 30 **度** SEL_LAP = H = 120 **度通電**
	
LA2: LA1 = L: L =**進み角** 0 **度** SEL_LAP = L =**ラップ通電** 30 **度** (150 **度通電**)	LA2: LA1 = L: H =**進み角** 7.5 **度** SEL_LAP = L =**ラップ通電** 22.5 **度** (142.5 **度通電**)
	
LA2: LA1 = H: L =**進み角** 15 **度** SEL_LAP = L =**ラップ通電** 15 **度** (135 **度通電**)	LA2: LA1 = H: H =**進み角** 30 **度** SEL_LAP = L =**ラップ通電** 0 **度** (120 **度通電**)
	

注: **最初は進み角を設定します。モータが誤動作しないように進み角を調整後に、ラップ通電の** ON, OFF **を設定してください。**
センサレスの位置検出は出力 OFF **相の変化 (仮想中点) と基準値** (V_M/2) **と比較しています。**
IC **内部で位置検出信号を認識する際に、逆起電圧 (ダイオード** ON **期間) をマスクしています。**
マスク期間よりダイオード ON **期間が超えるアプリーション設定では誤動作して、モータが正常に回転できなくなります。**
その場合、最適な位置の検出ができていない可能性があるため、進み角の調整をしてください。

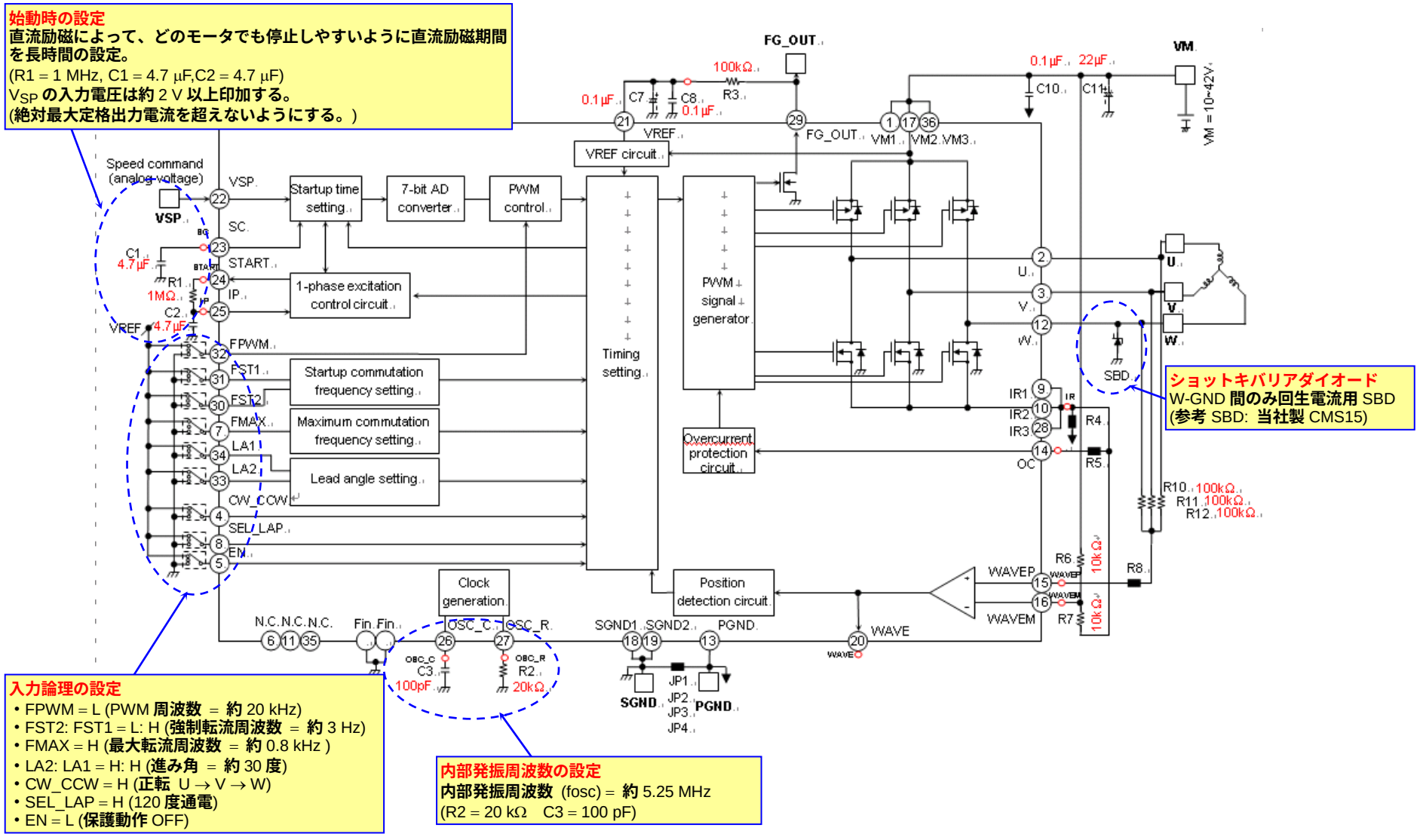
3. 応用回路の設定方法



参考

保護動作と過電流保護回路の設定は、テクニカルデータシートを参考にしてください。

4. 応用回路例 (参考初期設定)



注: 設定はモータおよび負荷によって変わりますので、実験による合わせ込みが必要となります。

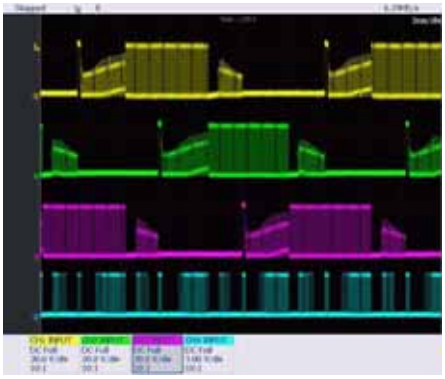
5. 設定の補足

センサレスに移行するには、2. 位置検出のタイミング波形の WAVE 波形のような誘起電圧のタイミングに合わせて位置を検出する必要があります。センサレスの位置検出は出力 OFF 相の誘起電圧による変化の仮想中点 (WAVEP 端子電圧) と基準電圧 (WAVEM 端子電圧) と比較した WAVE 端子電圧のタイミングで検出します。IC 内部で位置検出信号を認識する際に、逆起電圧 (回生電流のダイオード ON 期間) をマスクしている期間があるため、マスク期間を超えるようなアプリーション設定ではモータが正常に回転できなくなります。

起動時の強制転流では回転数が低く誘起電圧も小さく検出しづらくなっています。また、モータのインピーダンス等によって出力 OFF 相の誘起電圧によって変化する部分 (WAVEP 端子電圧) と基準電圧 (WAVEM 端子電圧) との値が誤差を持つことがあるため、基準電圧 (WAVEM 端子電圧) を調整をすることで起動性が上がることがあります。強制転流時の基準電圧 (WAVEM 端子電圧) が WAVEP 端子電圧の変化点 (出力 OFF 相の誘起電圧によって変化する部分) を検出できるよう境目に基準電圧 (WAVEM 端子電圧) を $V_M/2$ (R6, R7) から調整してください。

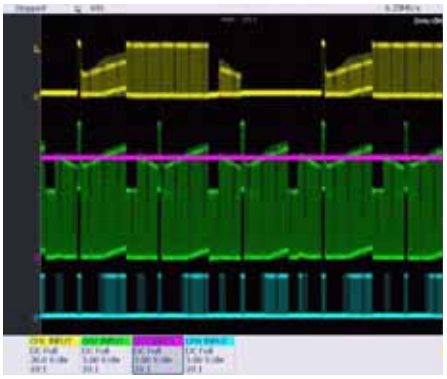
モータ動作駆動波形 (参考データ) V_M = 24 V, V_{SP} = 2.5 V

1 ch.
U
20 V/Div.
2 ch.
V
20 V/Div.
3 ch.
W
20 V/Div.
4 ch.
WAVE
5 V/Div.



1. 位置検出のタイミング波形

1 ch.
U
20 V/Div.
2 ch.
WAVEP
20 V/Div.
3 ch.
WAVEM
5 V/Div.
4 ch.
WAVE
5 V/Div.



2. 位置検出のタイミング波形

6. 隣接ピンショート時の破壊について

1 pin-2 pin, 3 pin-4 pin, 12 pin-13 pin をショートするとデバイスが破壊します。この結果、デバイスに大電流が流れ続けて発煙し続けるため、発火に至る恐れがあります。大電流が流れ続けないように、電源ヒューズや電源に過電流遮断回路等の外付けのフェイルセーフ機能を含めてアプリケーション設定してください。影響を最小限にするために、ヒューズの容量や溶断時間、過電流遮断回路の適切な設定をお願いします。

隣接ピンショート試験結果表

ショート Pin No.	ショート 端子名	破壊の有無	発煙・発火の有無	備考
1-2	VM1-U	有り	有り	出力が通電直後に IC が破壊し、発煙し続ける。
2-3	U-V	無し	無し	
3-4	V-CW_CCW	有り	無し	出力が通電直後に IC 破壊
4-5	CW_CCW-EN	無し	無し	
5-6	EN-N.C.	無し	無し	
6-7	N.C.-FMAX	無し	無し	
7-8	FMAX-SEL_LAP	無し	無し	
8-9	SEL_LAP-IR1	無し	無し	
9-Fin	IR1-Fin	無し	無し	
Fin-10	Fin-IR2	無し	無し	
10-11	IR2-N.C.	無し	無し	
11-12	N.C.-W	無し	無し	
12-13	W-PGND	有り	有り	出力が通電直後に IC が破壊し、一瞬発煙する。
13-14	PGND-OC	無し	無し	
14-15	OC-WAVEP	無し	無し	
15-16	WAVEP-WAVEM	無し	無し	
16-17	WAVEM-VM2	無し	無し	
17-18	VM2-SGND1	無し	無し	
18-19	SGND1-SGND2	無し	無し	
19-20	SGND2-WAVE	無し	無し	
20-21	WAVE-VREF	無し	無し	
21-22	VREF-VSP	無し	無し	
22-23	VSP-SC	無し	無し	
23-24	SC-START	無し	無し	
24-25	START-IP	無し	無し	
25-26	IP-OSC_C	無し	無し	
26-27	OSC_C-OSC_R	無し	無し	
27-Fin	OSC_R-Fin	無し	無し	
Fin-28	Fin-IR3	無し	無し	
28-29	IR3-FG_OUT	無し	無し	
29-30	FG_OUT-FST2	無し	無し	
30-31	FST2-FST1	無し	無し	
31-32	FST1-FPWM	無し	無し	
32-33	FPWM-LA2	無し	無し	
33-34	LA2-LA1	無し	無し	
34-35	LA1-N.C.	無し	無し	
35-36	N.C.-VM3	無し	無し	

7. 許容損失について

IC での損失 P は以下により概算されます。(記号はデータシートの電気的特性を参考にしてください。)

PWMDuty = 100%時

$P = V_M \times I_{M\,(opr)} + I_{OUT}\text{^}2 \times (R_{ON\,(H)} + R_{ON\,(L)})$

PWM 動作時

$P = V_M \times I_{M\,(opr)} + I_{OUT}\text{^}2 \times (R_{ON\,(H)} + R_{ON\,(L)}) \times PWMduty$

(実際にはさらにスイッチングロス分が発生します。)

周囲温度とジャンクション温度の関係は以下式により計算されます。
必ずジャンクション温度 Tj は 150°C 以下としてください。

$$Tj = P \times R_{th\,(j\text{-}a)} + Ta$$

* $R_{th\,(j\text{-}a)}$: **ジャンクション温度－周囲温度間熱抵抗**

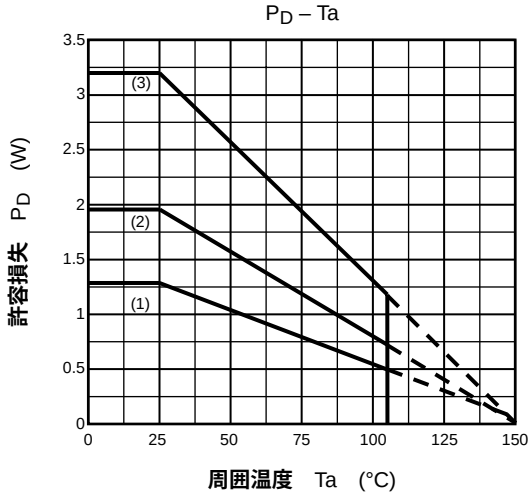
* Ta: **周囲温度**

下記の PD-Ta 特性のように周囲温度が高ければ、許容損失は小さくなります。
$R_{th\,(j\text{-}a)}$ は実装基板などの使用環境に依存しますので注意してください。
あくまでも概算ですので、実使用基板上で確認しマージンのある放熱設計をお願いします。

概算例)

条件: V_M = 24 V, I_{OUT} = 1 A, $I_{M\,(opr)}$ = 8 mA(max), $R_{ON\,(H)}$ = 0.35 Ω (max), $R_{ON\,(L)}$ = 0.35 Ω (max),
Ta = 25°C, PWMDuty = 100%、単体時 $R_{th\,(j\text{-}a)}$: 96°C/W

P = 24 V × 8 mA + 1 A^2 × (0.35 Ω + 0.35 Ω) = 0.192 + 0.7 = 0.892 ≈ 0.9 W
Tj = 0.9 W × 96°C/W + 25°C = 111.4°C となります。



(1) 単体 $R_{th\,(j\text{-}a)}$: 96°C/W
(2) 基板実装時 (114 mm × 75 mm × 1.6 mm, Cu 20%) $R_{th\,(j\text{-}a)}$: 65°C/W
(3) 基板実装時 (140 mm × 70 mm × 1.6 mm, Cu 50%) $R_{th\,(j\text{-}a)}$: 39°C/W

* **無限大放熱時**: $R_{th\,(j\text{-}c)}$: 8.5°C/W

製品取り扱い上のお願い

- 本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステム（以下、本製品という）に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。当社は、適用可否に対する責任は負いません。
- 本製品は、一般的電子機器（コンピュータ、パーソナル機器、事務機器、計測機器、産業用ロボット、家電機器など）または本資料に個別に記載されている用途に使用されることが意図されています。本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、電力機器、金融関連機器などが含まれます。本資料に個別に記載されている場合を除き、本製品を特定用途に使用しないでください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途書面による契約がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をせず、また当社は、本製品および技術情報に関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず弊社営業窓口までお問合せください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。